

明 細 書

光記録方法及び光記録装置

技術分野

- [0001] 本発明は、光記録媒体に対して情報の記録を行うための光記録方法及び光記録装置に係わるもので、特に記録時に用いるライトストラテジを決定する方法に関するものである。

背景技術

- [0002] 従来の光記録装置の例として、光ディスクへの書込み時のライトストラテジの制御を行うストラテジ部を備えた記録再生部と、前記ストラテジ部を動作させるストラテジ情報を記録したストラテジ情報記録部を備え、ストラテジ情報記録部に記録再生装置の装置情報および光ディスクの媒体情報に対応したストラテジ情報を記録させ、装置情報および媒体情報に対応するストラテジ情報をストラテジ情報記録部より読み出して媒体情報と共に記録再生装置に転送するようにしたものがある。この装置においてはさらに、ストラテジ記録部に標準ストラテジ情報を記録し、記録再生装置より転送された装置情報および媒体情報に対応するストラテジ情報がストラテジ情報記録部に記録されていない場合は標準ストラテジ情報を読み出して記録再生装置に転送するようにしていた（例えば、特許文献1参照）。

- [0003] 特許文献1：特開2002-56531号公報（第1-9頁、第1-15図）

発明の開示

発明が解決しようとする課題

- [0004] 上記の従来の光記録装置では、記録再生装置に装置情報および媒体情報に対応した多くのストラテジ情報を予め調査した上で光記録装置内に保持しておく必要があり多大な労力が必要であるとともに、多くのメモリ等の記憶装置が必要であった。また、記録再生装置に装置情報および媒体情報に対応するストラテジ情報が記録されていない場合は標準ストラテジ情報を使用するため、光ディスクおよび光ピックアップの光学条件によっては、記録条件の不整合等により正しく記録出来ない記録媒体が存在する問題点があった。

[0005] 本発明は、上述の課題を解決するためになされたもので、第1の目的は各光ディスクに適したストラテジ情報を全て保持しておく必要が無く、大容量の記憶装置を必要としない光記録方法及び光記録装置を得ることである。

また、第2の目的は予め最適のストラテジ情報が判明していない光ディスクに対して適切な記録が行えるようにした光記録方法及び光記録装置を得ることである。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明は、

ライトストラテジ推奨値が記録された光記録媒体から、前記ライトストラテジ推奨値を読み取る読み取り工程と、

読取られたライトストラテジ推奨値と、記録に用いられる光記録装置の光ピックアップの光学系の特性とに基づいて、記録に用いるべきライトストラテジを求める決定工程と、

求められたライトストラテジを用いて、前記光記録装置により、前記光記録媒体への書き込みを行う書き込み工程と

を有する光記録方法を提供する。

発明の効果

[0007] 本発明によれば、光記録媒体に記録されたライトストラテジ推奨値に対して、記録に用いられる光記録装置の光ピックアップの光学系の特性に応じた適切なライトストラテジの決定を行うことができ、最適のライトストラテジを用いて記録を行うことができる。

しかも、事前に全ての光記録媒体について適切なライトストラテジを実験的に求めて記憶しておく必要がなく、労力やコストを節約することができ、また大容量のメモリを必要としないという効果がある。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]この発明の実施の形態1における光記録再生装置を示すブロック図である。

[図2]この発明の実施の形態1におけるアシンメトリ検出部において、検出される再生信号のアシンメトリ値の例を示した図である。

[図3]この発明の実施の形態1における光記録再生装置において、光ディスクが色素

系媒体である場合に生成するライトストラテジの例を示した図である。

[図4]この発明の実施の形態1における光記録再生装置における、記録の手順を示すフローチャートである。

[図5]この発明の実施の形態1における光記録再生装置において、光ディスクに記されたライトストラテジの推奨値からライトストラテジを算出するフローチャートである。

[図6]この発明の実施の形態1における光記録再生装置においてライトストラテジ推奨値の比 $1TP/(1TP^2)$ とパルス幅1TFの関係を示した図である。

[図7]この発明の実施の形態1における光記録再生装置においてライトストラテジ推奨値の比 $2TP/(1TP^2)$ とパルス幅2TFの関係を示した図である。

[図8]この発明の実施の形態1における光記録再生装置においてライトストラテジ推奨値の比 $3TP/(1TP^2)$ とパルス幅3TFの関係を示した図である。

[図9]この発明の実施の形態1における光記録再生装置においてライトストラテジ推奨値の比 $LTP/(1TP^2)$ とパルス幅LTFの関係を示した図である。

[図10]この発明の実施の形態1における、光ディスクに記録された推奨アシンメトリ値 $\beta 1$ と記録に用いられるアシンメトリ値 $\beta 2$ の関係を示した図である。

[図11]この発明の実施の形態1における光記録再生装置において記録に用いるライトストラテジとジッタ値の関係を示した図である。

符号の説明

[0009] 100 光記録再生装置、110 半導体レーザ、120 レーザ駆動部、130 コリメートレンズ、140 ビームスプリッタ、150 対物レンズ、160 光ディスク、170 検出レンズ、180 受光素子、190 ヘッドアンプ、200 データデコーダ、210 プリピット検出部、220 アシンメトリ検出部、230 データエンコーダ、240 レーザ波形制御部、250 中央制御部。

発明を実施するための最良の形態

[0010] 本発明の記録方法及び記録装置は、ライトストラテジ推奨値が予め記録された光ディスクへの記録を行うものである。ライトストラテジ推奨値は、当該光ディスクの記録に用いるのに適したライトストラテジを表すものであり、例えばプリピットの形で、光ディスクの所定の領域、例えば、リードイン領域に記録されている。

[0011] 例えば、光ディスクが、情報を記録する溝からなるグルーブ部(図示しない)と、溝と溝の間のランド部(図示しない)から構成されており、記録媒体メーカーが設定したライトストラテジ推奨値が推奨アシンメトリ値やレーザ波長などの記録条件とともにランド部に記録されている。

[0012] ライトストラテジ推奨値は、所定の条件で記録することを想定したものである。従って、記録条件が異なれば、ライトストラテジ推奨値とは異なるライトストラテジで記録を行うのが望ましい。本発明は、光ディスクから読み取られたライトストラテジ推奨値と、記録に用いられる光記録装置の光ピックアップの光学系の特性とに基づいて、ライトストラテジを決定し、決定したライトストラテジを用いて記録を行う。

[0013] 実施の形態1.

以下、この発明の実施の形態を、図面を参照して説明する。

以下に説明する実施の形態における光記録方法は、色素系記録媒体に記録(追記)を行うものである。また、以下の実施の形態における光記録方法は、マークエッジ記録(PWM記録)を行うものである。そして、光ディスク上に記録すべきデータに基づき、半導体レーザをマルチパルス発光させて、記録マークを形成することにより情報の記録を行っている。即ち、以下の実施の形態で用いられるライトストラテジは、マルチパルス型のものであり、マーク期間中に先頭パルスを有し、最短マーク以外では、先頭パルスに続く1つ以上のマルチパルスをさらに有する。そして、このようなマルチパルス型のライトパスルストラテジにおいて、以下に説明する実施の形態では、先頭パルスのパルス幅を、光記録装置の光ピックアップの光学系の特性に応じて変更することとしている。

さらにまた、以下に説明する実施の形態では、光ディスクへの情報の記録が、EFM変調の3T~11T及び14T(Tはチャネルクロック周期)のマークに対応したパターンの光パルスを光ディスクに照射することにより行われるものとする。

なお、最長マーク(長さ14Tのマーク)は、シンクパターンである。

[0014] 図1は本発明の実施の形態1に係る光記録再生装置100の基本的な構成例を示す図である。図1において、レーザ光源としての半導体レーザ110はレーザ駆動部120により駆動制御されている。

[0015] データ再生時には、半導体レーザ110から出射された、データ再生に必要な出力値(再生パワー)を有するレーザ光がコリメートレンズ130とビームスプリッタ140と対物レンズ150とを介して光ディスク160に集光照射される。光ディスク160からの反射光は、対物レンズ150を通った後にビームスプリッタ140により入射光と分離され、検出レンズ170を介して受光素子180で受光される。

上記のうち、半導体レーザ110と、コリメートレンズ130と、ビームスプリッタ140と、対物レンズ150、検出レンズ170とで光学系が構成され、この光学系と受光素子180とで光ピックアップが構成されている。

受光素子180は光信号を電気信号に変換する。受光素子180において変換された電気信号は、ヘッドアンプ190を介してデータデコーダ200とプリビット検出部210とアシンメトリ検出部220とに入力される。データデコーダ200は、入力された電気信号に復調やエラー訂正などの処理を行うことにより、光ディスク160に記録されたデータを生成(再生)する。

またプリビット検出部210は、入力された電気信号から、光ディスク160に記録すべきライトストラテジの推奨値であるライトストラテジ推奨値等の情報を含むプリビット情報を検出する。

[0016] アシンメトリ検出部220は、入力された電気信号をAC(交流)カップリングし、ACカップリングされた電気信号のピークレベルA1とボトムレベルA2を検出する。検出したピークレベルA1とボトムレベルA2から、以下の式(1)を用いて、アシンメトリ値 β を算出する。

$$\beta = (A1 + A2) / (A1 - A2) \quad \dots (1)$$

ここで、ピークレベルA1、ボトムレベルA2は、最長スペースと最長マークが交互に現れる部分で発生するものであり、それらの値は、最短スペースと最短マークが交互に現れる部分のピークレベルとボトムレベルの平均値をゼロレベルとして表したものである。

[0017] 図2は、アシンメトリ検出部220において、検出される再生信号のアシンメトリ値の検出例を示したものである。図2(a)に $\beta < 0$ の場合を示す。図2(b)に $\beta = 0$ の場合を示す。図2(c)に $\beta > 0$ の場合を示す。

[0018] データ記録時においては、データエンコーダ230は、記録すべき元データに対して、エラー訂正符号を付与し、データ変調を行って、半導体レーザ110への駆動信号の基本となる記録データを生成する。レーザ波形制御部240は、記録データに基づきライトストラテジ信号を生成する。即ち、中央制御部250から3T乃至11T及び14Tのいずれかを指定する記録データが与えられると、レーザ波形制御部240は、そのような記録データに対応するライトストラテジ信号(発光パルス列の波形と略同一の波形を有する信号)を出力する。

レーザ駆動部120は、生成されたライトストラテジ信号に応じた駆動電流により半導体レーザ110を駆動する。半導体レーザ110から出射されたデータ記録に必要な出力値(記録パワー)を有するレーザ光がコリメートレンズ130とビームスプリッタ140と対物レンズ150とを介して光ディスク160に集光照射される。これにより、情報が記録される。

[0019] 図3は、図1に示される光記録再生装置100において、光ディスク160が色素系記録媒体である場合に、レーザ波形制御部240で生成されるライトストラテジの例を示したものである。図3(a)に、周期Tを有するチャネルクロックを示す。図3(b)に、マークとスペースとからなる記録データを示す。図3(c)に、図3(b)の記録データを記録するためのライトストラテジ、即ち発光パルスパターンを示す。発光パルスパターンは、記録パワーレベルと再生パワーレベルとの間でレベルが変化し、記録パワーレベルにある期間が各パルスの幅と定義される。

[0020] 最短マークは、3Tに対応する長さを有し、最長マークは14Tに対応する長さを有する。

図3(b)及び図3(c)は、最短マークを記録し、次に4番目に短いマークを記録する場合を想定している。

[0021] 図3(c)の左側に示すように、記録データが最短マークの場合のライトストラテジは、1TFのパルス幅を有する先頭パルスFのみからなる。

図3(c)の右側に示すように、記録データが4番目に短いマークを記録する場合のライトストラテジは、LTFのパルス幅を有する先頭パルスFとそれに続く3個のマルチパルスMからなる。

記録データが n 番目 ($4 < n < 10$) に短いマーク ($(n+2)T$ に対応する長さを有する) を記録する場合のライトストラテジは、LTFのパルス幅を有する先頭パルス F とそれに続く $(n-1)$ 個のマルチパルス M からなる。

また、記録データが最長マーク (14 T の長さを有するマーク) を記録する場合のライトストラテジは、LTFのパルス幅を有する先頭パルス F とそれに続く11個のマルチパルス M からなる。

このように、4番目に短いマークから最長マークまでは、先頭のパルスの幅がいずれの場合もLTFであり、互いに同じである。

記録データが2番目に短いマークを記録する場合のライトストラテジは、2TFのパルス幅を有する先頭パルス F とそれに続く1個のマルチパルス M からなる。

記録データが3番目に短いマークを記録する場合のライトストラテジは、3TFのパルス幅を有する先頭パルス F とそれに続く2個のマルチパルス M からなる。

記録されるマークが上記のいずれであっても、マルチパルス M の幅はすべて同じである。

- [0022] 中央制御部250は、光記録再生装置100の再生、書き込みの際に、装置の全体を制御するもので、データデコーダ200からの再生データ、プリピット検出部210からのプリピット情報、及びアシンメトリ検出部220からのアシンメトリ値を受けける一方、データエンコーダ230、レーザ波形制御部240、レーザ駆動部120に制御信号を与える。

中央制御部250は特に、後に図4及び図5を参照して説明するライトストラテジの決定、特にそのパルス幅の算出、アシンメトリ値の計算、修正されたライトストラテジとアシンメトリ値を用いて行われる試し書きの制御などを行う。

- [0023] 中央制御部250は例えばCPUと該CPUの動作のためのプログラムを格納した、例えばROMで構成されるプログラムメモリとデータを記憶する、例えばRAMで構成されるデータメモリとを備えたもので構成される。プログラムメモリには、光記録再生装置100の光ピックアップの光学系の特性を表すデータ、特に半導体レーザ110が発するレーザ光の波長 λ_2 、光ピックアップの対物レンズ150の開口数NA2、標準の開口数NA1、後述の種々の計算のための定数 (K_i , C_i , D_i)、比較に用いられるしきい値 ($\Delta \lambda t$) が記憶されている。また、プログラムメモリに格納されたプログラムは、後に

図4及び図5を参照して説明されるライトストラテジの決定のための計算式及びアシンメトリ値の決定のための計算式を定義する部分を含む。

[0024] 一般に、情報を記録する前に試し書きを行うことで記録パワーの最適化が行われる。以下にこの手順について説明する。

[0025] 最初に、例えばランダムな記録データに対応した3T～11Tのマークとスペースとからなるテストパターンを用いて、記録パワーを変化させて光ディスク160への試し書きを行ない、次にこのテストパターンを記録した光ディスク160上の領域を再生し、アシンメトリ検出部220によりアシンメトリ値を検出し、検出されたアシンメトリ値を、中央制御部250において、目標とするアシンメトリ値と比較して最適の記録パワーを求める。

一般に、記録パワーを大きくすればアシンメトリ値は大きくなり、記録パワーを小さくすればアシンメトリ値は小さくなる。

中央制御部250では、互いに異なる複数の記録パワーに対応するアシンメトリ値の検出値を目標値と比較して、目標値に最も近い検出値を生じさせた記録パワーを最適の記録パワーとする。

なお、このようにする代わりに、一つの記録パワーで光ディスク160への試し書きを行なった後再生し、再生結果からアシンメトリ値を検出し、検出されたアシンメトリ値を、目標とするアシンメトリ値と比較して比較結果に応じて記録パワーを増減して最適値を求めるようにしても良い。

[0026] このような情報記録方法を基本として、本実施の形態においては、記録を行う際の発光ライトストラテジの先頭パルスのパルス幅を、光ディスク160に記録されているライトストラテジ推奨値と、記録に用いられる光記録装置の光ピックアップの光学系の特性とに基づいて計算により求め、求められたパルス幅を用いて記録を行う。

[0027] 以下、図4を参照して本実施の形態の光記録方法の手順を説明する。

最初に記録に用いられる光ディスクが光記録装置に挿入されると、ステップS1において、光記録媒体から、ライトストラテジ推奨値、記録条件推奨値、即ち、各マークを記録するためのライトストラテジの先頭パルス幅の推奨値 $ITP(i=1, 2, 3, L)$ 、推奨アシンメトリ値 $\beta 1$ 、波長推奨値 $\lambda 1$ を読み取る(ステップS1)。

ライトストラテジ推奨値には、各マークを記録するためのライトストラテジの先頭パル

スのパルス幅の推奨値が含まれる。この先頭パルス幅の推奨値 iTP としては、少なくとも、

記録データが最短マークの場合の先頭パルス F の推奨パルス幅 $1TP$ と、
 記録データが2番目に短いマークの場合の先頭パルス F の推奨パルス幅 $2TP$ と、
 記録データが3番目に短いマークの場合の先頭パルス F の推奨パルス幅 $3TP$ と、
 記録データが4番目に短いマークから最長マークまでの場合の先頭パルス F の推奨パルス幅 LTP とが読み取られる。

推奨アシンメトリ値 $\beta 1$ は、試し書きにおいて記録パワーを決定する為の目標値となるものである。

波長推奨値 $\lambda 1$ は、光ディスク160のライトストラテジ推奨値の記録条件のレーザ波長である。

[0028] 次に、ステップS2において、読取られたライトストラテジ推奨値と、記録に用いられる光記録装置の光ピックアップの光学系の特性とに基づいて、記録に用いるべきライトストラテジを決定する(S2)。その詳細については後述する。

[0029] 次に、ステップS3では、上記のようにステップS1で読取られた波長 $\lambda 1$ と、ライトストラテジ推奨値や推奨アシンメトリ値 $\beta 1$ を決めるために用いられた開口数 $NA1$ と、記録に用いられる光記録再生装置100の対物レンズ150の開口数 $NA2$ とに基づき、以下の式(2)により、記録に用いるべきアシンメトリ値 $\beta 2$ を求める(S3)。

$$\beta 2 = \beta 1 + E \times (NA2 - NA1) \quad \dots (2)$$

開口数 $NA1$ は、既知であり、開口数 $NA1$ を表すデータが予め中央制御部250内の、例えばROMで構成される不揮発性メモリに格納されている。また、対物レンズ150の開口数 $NA2$ 、レーザ光の波長 $\beta 2$ 、及び定数 E を表すデータも中央制御部250内の不揮発性メモリに格納されており、これらを読み出して式(2)の計算に用いる。

[0030] 然る後、記録の指示が与えられると、ステップS4において、上記のようにして求められたライトストラテジ及びアシンメトリ値を用いて前記光記録媒体への試し書きを行う。即ち、ステップS2において決定されたライトストラテジをレーザ波形制御部240に設定することにより、レーザ波形制御部240でテストパターンに基づいたライトストラテジを生成し、光ディスク160への試し書きを行う。このとき、上記のように求められたアシン

ンメトリ値 $\beta 2$ が、目標値として用いられる。即ち、テストパターンを記録した光ディスク 160 上の領域を再生し、アシンメトリ検出部 220 により検出されたアシンメトリ値とステップ S3 において算出されたアシンメトリ値 $\beta 2$ と比較して両者が一致するように制御を行うことで、最適な記録パワーを決定する。

[0031] そして、この試し書きを行ってパワー調整を行なった後、ステップ S5 で、調整された記録パワーと、ステップ S2 で求められたライトストラテジと、ステップ S3 で求められたアシンメトリ値とを用いて、データの記録を行う。即ち、ステップ S2 において決定されたライトストラテジをレーザ波形制御部 240 に設定することにより、レーザ波形制御部 240 で記録データに基づいたライトストラテジを生成し、ステップ S4 において決定された記録パワーにより、光ディスク 160 への書き込みを行う。

[0032] なお、ステップ S2 で決定されたライトストラテジを、図 1 のレーザ波形制御部 240 に設定すれば、その後は中央制御部 250 が 3T 乃至 11T 及び 14T のいずれかを指定すれば、それに対応したライトストラテジ信号がレーザ波形制御部 240 から出力される。

[0033] 図 5 は図 4 のステップ S2 の決定のための処理を詳細に示す。

最初に、図 5 のステップ S21 においては、ステップ S1 において取得された波長推奨値 $\lambda 1$ と、光記録再生装置 100 の半導体レーザ 110 が発するレーザ光の波長 $\lambda 2$ とから、 $(\lambda 2 - \lambda 1)$ の絶対値を算出し、 $(\lambda 2 - \lambda 1)$ の絶対値が所定のしきい値 $\Delta \lambda t$ 、例えば 3nm 以下であれば、ステップ S22 乃至 S25 の処理に進み、 $(\lambda 2 - \lambda 1)$ の絶対値が上記のしきい値 $\Delta \lambda t$ 、例えば 3nm よりも大きいときは、ステップ S26 乃至 S29 の処理に進む。

[0034] ステップ S22 においては、ステップ S1 において取得された推奨パルス幅 1TP と、定数 K1、C1 とから、以下の式 (3) を用いて、記録データが最短マークの場合の先頭パルス F のパルス幅 1TF を算出する。

$$1TF = K1 \times (1TP / 1TP^2) + C1 \quad \dots (3)$$

(なお、本願において、「 $1TP^2$ 」は「1TP の 2 乗」を表す。)

[0035] ステップ S23 においては、ステップ S1 において取得された推奨パルス幅 1TP、2TP と、定数 K2、定数 C2 とから、以下の式 (4) を用いて、記録データが 2 番目に短いマ

ークの場合の先頭パルスFのパルス幅2TFを算出する。

$$2TF = K2 \times (2TP / (1TP^2) + C2 \quad \dots (4)$$

- [0036] ステップS24においては、ステップS1において取得された推奨パルス幅1TP, 3TPと、定数K3、定数C3とから、以下の式(5)を用いて、記録データが3番目に短いマークの場合の先頭パルスFのパルス幅3TFを算出する。

$$3TF = K3 \times (3TP / 1TP^2) + C3 \quad \dots (5)$$

- [0037] ステップS25においては、ステップS1において取得された推奨パルス幅1TP, LTPと、定数KL、定数CLとから、以下の式(6)を用いて、記録データが4番目に短いマークから最長マークの場合の先頭パルスFのパルス幅LTFを算出する。

$$LTF = KL \times (LTP / 1TP^2) + CL \quad \dots (6)$$

式(3)乃至式(6)を一般化すれば、

$$iTF = Ki \times (iTP / 1TP^2) + Ci$$

(i=1、2、3、L)

となる。

- [0038] ステップS26においては、ステップS1において取得された推奨パルス幅1TPと、定数K1、C1、D1とから、以下の式(7)を用いて、記録データが最短マークの場合の先頭パルスFのパルス幅1TFを算出する。

$$1TF = K1 \times (1TP / 1TP^2) + C1 + D1 \times |\lambda_2 - \lambda_1| \quad \dots (7)$$

- [0039] ステップS27においては、ステップS1において取得された推奨パルス幅1TP, 2TPと、定数K2、C2、D2とから、以下の式(8)を用いて、記録データが2番目に短いマークの場合の先頭パルスFのパルス幅2TFを算出する。

$$2TF = K2 \times (2TP / 1TP^2) + C2 + D2 \times |\lambda_2 - \lambda_1| \quad \dots (8)$$

- [0040] ステップS28においては、ステップS1において取得された推奨パルス幅1TP, 3TPと、定数K3、C3、D3とから、以下の式(9)を用いて、記録データが3番目に短いマークの場合の先頭パルスFのパルス幅3TFを算出する。

$$3TF = K3 \times (3TP / 1TP^2) + C3 + D3 \times |\lambda_2 - \lambda_1|$$

…(9)

- [0041] ステップS29においては、ステップS1において取得された推奨パルス幅1TP、LTPと、定数KL、CL、DLとから、以下の式(10)を用いて、記録データが4番目に短いマークから最長マークの場合の先頭パルスFのパルス幅LTFを算出する。

$$LTF = KL \times (LTP / 1TP^2) + CL + DL \times |\lambda_2 - \lambda_1|$$

…(10)

上記の式(7)乃至式(10)を一般化すれば、

$$iTf = Ki \times (iTP / 1TP^2) + Ci + Di \times |\lambda_2 - \lambda_1|$$

(i=1、2、3、又はL)

となる。

- [0042] 上記ステップS22乃至S29において用いられる定数K1乃至KL、C1乃至CL、D1乃至DLを表すデータは、中央制御部250内の不揮発性メモリに格納されており、これらが読み出されて式(3)乃至(10)の計算に用いられる。

- [0043] 上記のようにステップS2においては、光ディスクから読み出されたライトストラテジ推奨値の先頭パルスのパルス幅に基づいて、記録に用いるライトストラテジの先頭パルスのパルス幅を決定している。言換えると、ライトストラテジの推奨値をそのまま用いず、ライトストラテジ推奨値を修正している。その理由は以下の通りである。

光ディスクには上記のように、所定の領域にライトストラテジ推奨値や、推奨アシンメトリ値や、レーザ波長などが記録されているが、光ディスク160にこのライトストラテジ推奨値を記録したときの記録条件における対物レンズの開口数NA1と、記録に用いられる光記録再生装置100が有する対物レンズ150の開口数NA2とが異なる場合には、記録されているライトストラテジ推奨値とアシンメトリ値とを使用して記録パワーを決定すると、開口数の違いにより光ディスク160に与える熱量やその分布が異なってしまう。そのため、各マーク長に対して形成されるピットの大きさや形成される位置が異なりジッタが悪化してしまう。特に、形成される位置のシフトはジッタへの影響が大きい。そこで記録条件の差異、特に開口数の違いを補償するため、ライトストラテジの修正乃至は最適化を図っている。

- [0044] また、ステップS26乃至S29では、ステップS26乃至S29では、最短マーク、2番目

に短いマーク、3番目に短いマーク、4番目に短いマークから最長マークの各マークを記録するためのライトストラテジの先頭パルスFのパルス幅1TF、2TF、3TF、LTFを求める際に、

$$D_i \times |(\lambda_2 - \lambda_1)| \quad (i=1, 2, 3, L) \quad \dots (11)$$

で算出された値を加算しているが、これは、波長感度依存性、例えば、色素系記録媒体の波長感度依存性による感度の低下を補償するためである。

- [0045] さらにまた、上記ステップS3において、光ディスクから読み出された推奨アシンメトリ値 β_1 に基づいて、記録に用いるアシンメトリ値 β_2 を計算により求めている。言換えれば、光ディスクに記録されたアシンメトリ値 β_1 を補正した上で用いている。その理由は、以下の通りである。

即ち、上記の開口数の違いにより、検出されるアシンメトリ値にも違いが現れる。例えば、 $NA_1 < NA_2$ である場合、すなわち、記録に用いられる光記録再生装置100が有する対物レンズ150の開口数 NA_2 が、光ディスク160に推奨アシンメトリ値を記録したときの記録条件における対物レンズの開口数 NA_1 よりも大きい場合には、開口数 NA_2 の対物レンズにより検出されるアシンメトリ値は、開口数 NA_1 の対物レンズにより検出されるアシンメトリ値よりも大きい値となる。従って、推奨アシンメトリ値 β_1 を目標に開口数 NA_2 の対物レンズにより記録を行うと、開口数の違いによりアシンメトリ値が大きく検出され、推奨アシンメトリ値 β_1 よりも小さいアシンメトリ値で記録されてしまう。その為、開口数 NA_2 の対物レンズにより記録を行う場合は推奨アシンメトリ値 β_1 よりも大きい値に目標を設定するのが望ましい。

- [0046] 以下上記の点についてさらに詳しく説明する。まず、ライトストラテジの最適化について説明する。最適化のための補正を計算式によって行うことができれば、好都合であるが、どのような計算式を用いれば良いのか不明であった。

- [0047] そこで、本発明者等は、記録に用いられる光記録装置の記録条件が、ライトストラテジ推奨値を定める際に用いられた記録条件と異なる場合に、再生ジッタが最小となる条件を求める実験を種々行った。その一部として、(他の条件を一定として)再生ジッタと、ライトストラテジの先頭パルスの幅との関係を着目し、再生ジッタを最小にする先頭パルス幅を求める実験を行った。

そして、再生ジッタを最小にする先頭パルス幅 $iTF(o)$ (このように再生ジッタを最小にするパルス幅を、「最適パルス幅」或いは「パルス幅の最適値」と言うことがある)と、パルス幅推奨値 iTP の、最短マーク記録のためのライトストラテジ推奨値の先頭パルス幅の2乗($1TP^2$)に対する比(以下、「比($iTP/1TP^2$)」或いは「正規化されたパルス幅」と言うことがある)との関係に直線性があること、即ちこの関係が以下の計算式(12)で表される直線により近似できることを、実験で得られたデータに対して回帰分析を行うことにより、見出した。但し、ここで iTP 、 $1TP$ は、チャネルクロックの周期に対する倍数で表す。また、 K_i 、 C_i ($i=1, 2, 3$, 又は L)は定数である。

$$iTF(o) = K_i \times (iTP / 1TP^2) + C_i \quad \dots (12)$$

式(12)は、それぞれ以下のように書換えられる。

即ち、最短マークについては、 $i=1$ であり、

$$1TF(o) = K_1 \times X_1 + C_1 \quad \dots (13)$$

2番目に短いマークについては、 $i=2$ であり、

$$2TF(o) = K_2 \times X_2 + C_2 \quad \dots (14)$$

3番目に短いマークについては、 $i=3$ であり、

$$3TF(o) = K_3 \times X_3 + C_3 \quad \dots (15)$$

4番目に短いマークから最長マークについては、 $i=L$ であり、

$$LTF(o) = K_L \times X_L + C_L \quad \dots (16)$$

[0048] 図6乃至図9は、それぞれ、最短マーク、2番目に短いマーク、3番目に短いマーク、4番目に短いマークから最長マークまでの記録に用いられるライトストラテジについて上記のようにして求められた直線を示す。

図6乃至図9に示されたそれぞれの直線の傾き K_i 及び縦軸切片 C_i ($i=1, 2, 3, L$)は以下の通りである。

$$K_1 = 0.458$$

$$C_1 = 1.508$$

$$K_2 = 0.586$$

$$C_2 = 1.41$$

$$K_3 = 0.825$$

$$C3=1.28$$

$$KL=0.562$$

$$CL=1.456$$

[0049] 図6乃至図9にはまた、それぞれの $(iTP/1TP^2)$ に対して、再生ジッタが最小になる先頭パルス幅の値、即ち先頭パルス幅の最適値 $iTF(o)$ ($i=1, 2, 3$ 又は L)が○印で示されている。各図から、最適値の、近似直線からの隔たり(近似誤差)が小さいことが確認できる。

[0050] なお、図6乃至図8に結果が示される実験を行ったときの条件は以下の通りである。即ち、光ディスク160にライトストラテジ推奨値を記録したときの記録条件における対物レンズの開口数NA1は0.60であり、この実験において使用した、光記録再生装置100が有する対物レンズ150の開口数NA2は0.64で、半導体レーザ110の波長 λ_2 は657nmであった。

[0051] 上記のように、特定の光記録装置においては、定数を上記のように定めれば良い結果が得られることが分った。

しかし、上記の値に限らず、係数K1の値を0.46付近、定数C1の値を1.51付近、係数K2の値を0.59付近、定数C2の値を1.41付近、係数K3の値を0.83付近、定数C3の値を1.28付近、係数KLの値を0.56付近、定数CLの値を1.46付近に定めれば満足できる結果が得られるものと考えられる。

[0052] また、上記のように、最適のパルス幅(ライトストラテジの先頭パルスの幅)は、記録に用いる光の波長の影響を受けるので、光記録装置の波長が、ライトストラテジ推奨値を定める際に用いられた記録条件の波長と異なる場合には、記録に用いるパルス幅の決定に当たり、波長の違いをも考慮に入れるのが望ましい。本実施の形態では、波長の差がしきい値 $\Delta \lambda_t$ 、例えば3nmよりも大きいときに(S21で「F」)、波長の差に基づいて定めた補正量を加算することとしている(S26乃至S29)。

この補正量は、以下の式(17)乃至(20)。

$$D1 \times |\lambda_2 - \lambda_1| \quad \dots (17)$$

$$D2 \times |\lambda_2 - \lambda_1| \quad \dots (18)$$

$$D3 \times |\lambda_2 - \lambda_1| \quad \dots (19)$$

$$DL \times |\lambda_2 - \lambda_1| \quad \dots (20)$$

のように、定めれば良い。

- [0053] また、特定の光記録装置については、係数D1、D2、D3、DLをすべて0.032とするのが良いと分った。

上記のように、特定の光記録装置においては、定数D1、D2、D3、DLを、上記のように定めれば良い結果が得られることが分った。

しかし、上記の値に限らず、例えば、前記係数D1の値を、0.03付近に定めれば満足できる結果が得られるものと考えられる。

また、上記のように、D1、D2、D3、DLとして同じ値のものを用いる代わりに、異なる値のものを用いても良い。

- [0054] さらにまた、 $|\lambda_2 - \lambda_1|$ が3nm以下のときは(S21で「F」)、3nmが波長の測定の誤差の範囲内であり、また、 $Di \times |\lambda_2 - \lambda_1|$ の加算の影響が小さいので、加算を省略しても良いことも分った。図5のステップS22乃至S25では、 $Di \times |\lambda_2 - \lambda_1|$ の加算を行わないのは、その理由による。

- [0055] 次にアシンメトリ値の修正について述べる。

上記のように、最適のアシンメトリ値は、記録に用いる光記録装置の開口数の影響を受けるので、光記録装置の開口数が、ライトストラテジ推奨値を定める際に用いられた記録条件の開口数と異なる場合には、記録に用いるアシンメトリ値の決定に当たり、開口数をも考慮に入れるのが望ましい。本実施の形態では、開口数の差に基づいて定めた補正量を、推奨アシンメトリ値 β_1 に加算することにより、記録に用いるアシンメトリ値 β_2 を求めている。具体的には、上記の式(2)を用いるのが適切であることが分った。

$$\beta_2 = \beta_1 + E \times (NA_2 - NA_1) \quad \dots (2)$$

図4のステップS3で、式(2)を用いるのはその理由による。

- [0056] 図10は、推奨アシンメトリ値 β_1 の値が互いに異なる複数の光ディスクについて、特定の光記録再生装置100において再生ジッタが最小となるアシンメトリ値 β_2 の値を△印で示すとともに、式(2)で $E=1.493$ としたときに得られるアシンメトリ値 β_2 を直線で示す。図10に示すように、式(2)を用いることで、再生ジッタが最小となるアシン

メトリ値(最適アシンメトリ値)を直線近似ができることが分かった。

なお、上記のように、特定の光記録装置においては、定数Eの値を上記のように定めれば良い結果が得られることが分った。

しかし、上記の値に限らず、係数Eの値を1.5付近に定めれば満足できる結果が得られるものと考えられる。

[0057] 図11に10種類の光ディスクA～Jにおいて、3種類のパルスパターンをそれぞれ用いて記録した場合の再生ジッタを示す。

図11において、×印は、各光ディスクに記録されたライトストラテジ推奨値を用いて記録した場合の再生ジッタを示している。

また△印は、各光ディスクに最適な再生ジッタが得られるように調整した最適なライトストラテジ推奨値を用いて記録した場合の再生ジッタを示している。

また○印は、前述の式(2)～(10)を用いて修正されたライトストラテジ推奨値を用いて記録した場合の再生ジッタを示している。

この場合、式(2)～(10)中の各定数を、 $K1=0.458$ 、 $C1=1.508$ 、 $K2=0.586$ 、 $C2=1.41$ 、 $K3=0.825$ 、 $C3=1.28$ 、 $KL=0.562$ 、 $CL=1.456$ 、 $E=1.493$ とした。

図11においては、各光ディスクに記録されたライトストラテジ推奨値を用いて記録した場合(×)よりも、修正されたライトストラテジ推奨値を用いて記録した場合(○)の方が、全てのディスクで良好な再生ジッタを得ることができた。また、修正されたライトストラテジ推奨値を用いて記録を行う場合(○)には、最適なライトストラテジを用いて記録を行った場合(△)とほぼ同じくらい良好な再生ジッタを得ることができた。

[0058] 以上のように、本実施の形態によれば、光記録装置の光ピックアップの光学系の特性に応じて最適のライトストラテジやアシンメトリ値を用いて記録を行うことができる。

[0059] 例えば、一般的に光記録媒体に記録されている推奨値を決定した際の開口数や波長等の光学系条件は、市販される光記録装置が有する光学的条件と異なっているが、市販の光記録装置、特にその光ピックアップの光学系の仕様と、推奨値を決定した際の光学系の仕様との違いを考慮して、各光記録装置に適したライトストラテジやアシンメトリ値を求めることができ、各光記録装置に適したライトストラテジで記録を行

うことができる。

- [0060] 即ち、各光記録装置、特にその光ピックアップの光学系の特性、特に対物レンズの開口数を含めた光学系の違いに着目して、実験的に、ライトストラテジやアシンメトリ値の決定に用いる計算式の定数(K_i , C_i , D_i , E)を求め、これを光記録装置内に、例えば中央制御部の不揮発性メモリ内に格納しておき、記録を行う際にこれらの定数を読み出して用いることにより、各記録装置に適したライトストラテジやアシンメトリ値を容易に計算することができる。

なお、定数の決定は各型式乃至仕様の光記録装置に対して一度行えば良く、同じ型式乃至仕様の多数の光記録装置に対して同じ定数を用いることができる。即ち、ある型式乃至仕様の光記録装置に関して定数が求めたら、求められた定数を同じ型式乃至仕様の光記録装置に設定して出荷することとすれば良い。

光記録再生装置100の仕様が変更になった場合は、式(2)～(10)の定数(K_i , C_i , D_i , E)を再度選定乃至決定することにより、ストラテジ条件の最適化を簡単に行うことができる。

- [0061] また、実施の形態1に係る光記録方法においては、光ディスク160に記録されたライトストラテジ推奨値と推奨アシンメトリ値を、式(2)～(10)を用いて算出するので、多くのストラテジ情報を保持する必要がなく、任意の記録再生装置および記録媒体に対応して記録を行うことができる。

- [0062] さらにまた、ライトストラテジ推奨値と推奨アシンメトリ値をそのまま用いる場合よりも良好で、各光ディスクで最適なライトストラテジ推奨値を用いる場合と同等に良好な記録を行うことができる。従って、予め最適なライトストラテジ情報が分かっていない光ディスクに対しても、良好な記録を行うことができる。

- [0063] なお、上記の実施の形態では、 $|\lambda_2 - \lambda_1|$ が小さい値 $\Delta \lambda_t$ 以下のときは、 $D_i \times |\lambda_2 - \lambda_1|$ を加算しないようにしているが、これは計算を簡単にするためであり、 $|\lambda_2 - \lambda_1|$ 自体が小さければ加算しても結果に与える影響が小さいので加算するようにしても良い。

また、波長の違いを考慮せず、式(17)乃至(20)による補正量の加算を行わないこととしても良い。

さらに、開口数の違いによるアシンメトリ値の修正を行わないこととしても良い。

- [0064] なお、上記の例では、4番目に短いマークを記録するために用いられるライトストラテジの先頭パルスのパルス幅を、5番目に短いマークを記録するために用いられるライトストラテジから最長マークを記録するために用いられるライトストラテジまでのすべてのライトストラテジでも用いることとしているが、それぞれのマークに対して異なるパルス幅を設定した場合にも本発明を適用することができる。
- [0065] 上記の実施の形態では、ライトストラテジの決定に当たり、ライトストラテジ推奨値に含まれる各マーク(i 番目に短いマーク)を記録するための先頭パルスの幅の推奨値(iTP)の、ライトストラテジ推奨値に含まれる最短マークを記録するための先頭パルスの幅($1TP$)の推奨値の2乗($1TP^2$)に対する比($iTP/1TP^2$)に基づいて、ライトストラテジの各マークを記録するための先頭パルスの幅を求めている。そして、ライトストラテジの先頭のパルスのパルス幅を変えることとしている。しかし、ライトストラテジの他の構成を変えることとして良い。
- [0066] また、ライトストラテジの決定に用いられる計算式は、上記の比($iTP/1TP^2$)を含むものに限定されない。

請求の範囲

- [1] ライトストラテジ推奨値が記録された光記録媒体から、前記ライトストラテジ推奨値を読み取る読み取り工程と、
- 読取られたライトストラテジ推奨値と、記録に用いられる光記録装置の光ピックアップの光学系の特性とに基づいて、記録に用いるべきライトストラテジを求める決定工程と、
- 求められたライトストラテジを用いて、前記光記録装置により、前記光記録媒体への書き込みを行う書き込み工程と
- を有する光記録方法。
- [2] 前記ライトストラテジがマルチパルス型のものであり、
- 前記決定工程が、
- 前記ライトストラテジ推奨値に含まれる各マークを記録するためのライトストラテジの先頭パルスの幅の推奨値の、前記ライトストラテジ推奨値に含まれる最短マークを記録するためのライトストラテジの先頭パルスの幅の推奨値の2乗に対する比に基づいて、各マークを記録するためのライトストラテジの先頭パルスの幅を求めることを特徴とする請求項1に記載の光記録方法。
- [3] 前記決定工程が、記録に用いられる光記録装置について予め定められている計算式を用いた演算により行われることを特徴とする請求項2に記載の光記録方法。
- [4] ライトストラテジの各マークを記録するためのライトストラテジについて、実験により再生ジッタが最小となる先頭パルスの幅を求め、前記実験により求められた先頭パルスの幅が算出結果又はそれに近似する値となるような計算式を生成しておき、
- 生成された計算式を、前記決定工程における演算に用いることを特徴とする請求項3に記載の光記録方法。
- [5] 前記計算式が
- $$iTF = K_i \cdot (iTP / 1TP^2) + C_i$$
- (iTFは、i番目に短いマークを記録するために用いられるライトストラテジの先頭パルスのパルス幅、
- iTPは、i番目に短いマークを記録するためのライトストラテジ推奨値の先頭パルス

のパルス幅、

1TPは、最短マークを記録するためのライトストラテジ推奨値の先頭パルスのパルス幅、

Ki、Ciは、i番目に短いマークを記録するために用いられるライトストラテジの決定のための定数)

で表されることを特徴とする請求項3又は4に記載の光記録方法。

- [6] 前記読み取り工程が、前記光記録媒体から波長推奨値をも読み取り、
前記計算式が

$$iTF = Ki \cdot (iTP / 1TP^2) + Ci + Di \times |\lambda 2 - \lambda 1|$$

(iTFは、i番目に短いマークを記録するために用いられるライトストラテジの先頭パルスのパルス幅、

iTPは、i番目に短いマークを記録するためのライトストラテジ推奨値の先頭パルスのパルス幅、

1TPは、最短マークを記録するためのライトストラテジ推奨値の先頭パルスのパルス幅、

$\lambda 2$ は、記録に用いられる光記録装置のレーザ光の波長、

$\lambda 1$ は、波長推奨値、

Ki、Ci、Diは、i番目に短いマークを記録するために用いられるライトストラテジの決定のための定数)

で表されることを特徴とする請求項3又は4に記載の光記録方法。

- [7] 前記読み取り工程が、前記光記録媒体から波長推奨値をも読み取り、
 $|\lambda 2 - \lambda 1|$ が所定値以下のときは、前記計算式が

$$iTF = Ki \cdot (iTP / 1TP^2) + Ci$$

で表され、

$|\lambda 2 - \lambda 1|$ が前記所定値を超えるときは、前記計算式が

$$iTF = Ki \cdot (iTP / 1TP^2) + Ci + Di \times |\lambda 2 - \lambda 1|$$

で表される

(ただし、

iTFは、i番目に短いマークを記録するために用いられるライトストラテジの先頭パルスのパルス幅、

iTPは、i番目に短いマークを記録するためのライトストラテジ推奨値の先頭パルスのパルス幅、

1TPは、最短マークを記録するためのライトストラテジ推奨値の先頭パルスのパルス幅、

$\lambda 2$ は、記録に用いられる光記録装置のレーザ光の波長、

$\lambda 1$ は、波長推奨値、

Ki、Ci、Diは、i番目に短いマークを記録するために用いられるライトストラテジの決定のための定数)

ことを特徴とする請求項3又は4に記載の光記録方法。

- [8] すべてのiについてDiが互いに等しいことを特徴とする請求項6又は7に記載の光記録方法。

- [9] 4番目に短いマークを記録するために用いられるライトストラテジの先頭パルスのパルス幅が、5番目に短いマークを記録するために用いられるライトストラテジから最長マークを記録するために用いられるライトストラテジまでのすべてのライトストラテジでも用いられることを特徴とする請求項5乃至8のいずれかに記載の光記録方法。

- [10] 前記読み取り工程が、前記光記録媒体から波長推奨値をも読み取り、
前記決定工程が、前記波長推奨値と、記録に用いられる光記録装置のレーザ光の波長とに基づいて、前記決定を行うことを特徴とする請求項1乃至5のいずれかに記載の光記録方法。

- [11] 前記読み取り工程が、さらに推奨アシンメトリ値を読み取り、
前記推奨アシンメトリ値と、記録に用いられる光記録装置の対物レンズの開口数とに基づき、記録に用いられるアシンメトリ値を求めるアシンメトリ値を決定する決定工程をさらに含み、

前記書き込み工程が、前記求められたアシンメトリ値を用いて書き込みを行うことを特徴とする請求項1乃至10のいずれかに記載の光記録方法。

- [12] 前記光記録媒体に記録された推奨アシンメトリ値が $\beta 1$ であり、

推奨値を決めるために用いられた対物レンズの開口数がNA1であり、
記録に用いられる光記録装置の対物レンズの開口数がNA2であるときに、
前記記録に用いられるアシンメトリ値 $\beta 2$ を下記の式

$$\beta 2 = \beta 1 + E \times (NA2 - NA1)$$

で求めることを特徴とする請求項11に記載の光記録方法。

- [13] 記録再生のための光学系を有する光ピックアップを備え、
ライトストラテジ推奨値が記録された光記録媒体から、前記ライトストラテジ推奨値を
読み取る読み取り手段と、
読取られたライトストラテジ推奨値と、前記光ピックアップの光学系の特性とに基づ
いて、記録に用いるべきライトストラテジを求める決定手段と、
求められたライトストラテジを用いて、前記光記録媒体への書き込みを行う書き込み
手段と

を有する光記録装置。

- [14] 前記ライトストラテジがマルチパルス型のものであり、
前記決定手段が、
前記ライトストラテジ推奨値に含まれる各マークを記録するためのライトストラテジの
先頭パルスの幅の推奨値の、前記ライトストラテジ推奨値に含まれる最短マークを記
録するためのライトストラテジの先頭パルスの幅の推奨値の2乗に対する比に基づい
て、各マークを記録するためのライトストラテジの先頭パルスの幅を求めることを特徴
とする請求項13に記載の光記録装置。

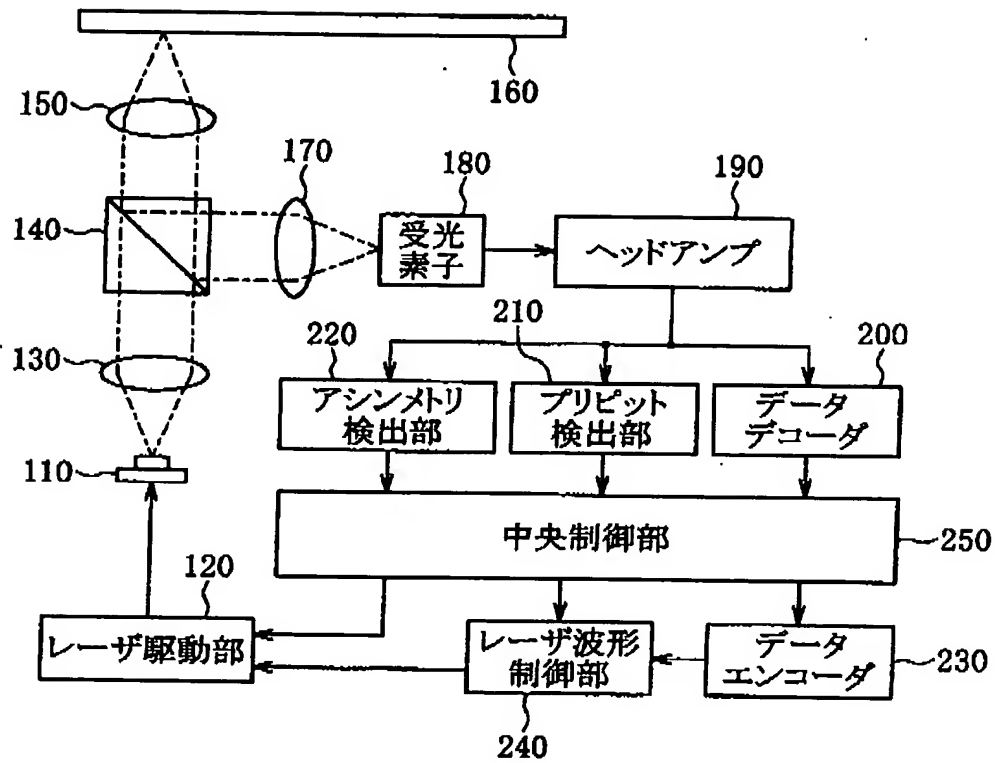
- [15] 前記決定手段が、記録に用いられる光記録装置について予め定められている計算
式を用いた演算により前記決定を行うことを特徴とする請求項14に記載の光記録装
置。

- [16] 前記決定手段は、ライトストラテジの各マークを記録するためのライトストラテジにつ
いて、実験により再生ジッタが最小となる先頭パルスの幅を求め、前記実験により求
められた先頭パルスの幅が算出結果又はそれに近似する値となるように予め定めら
れた計算式で前記演算を行うものであることを特徴とする請求項15に記載の光記録装
置。

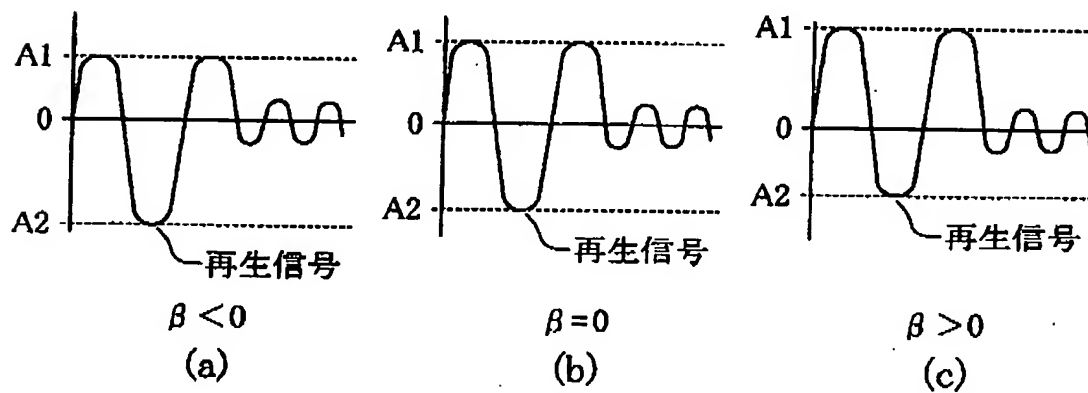
要 約 書

光ディスク(160)に記録されたライトストラテジの推奨値と、記録に用いられる光記録装置の特性に基づいて、記録に用いるライトストラテジを決定し、光ディスク(160)に記録された推奨アシンメトリ値の記録条件である対物レンズの開口数NA1と記録に用いられる光記録装置の対物レンズ(150)の開口数NA2の差に基づいて推奨アシンメトリ値を決定し、決定されたライトストラテジとアシンメトリ値に基づいて光ディスク(160)に対する記録を行う。各光ディスクに適したライトストラテジ情報を全て保持しておく必要が無く、予め最適のライトストラテジ情報が判明していない光ディスクに対しても最適な記録が行うことができる。

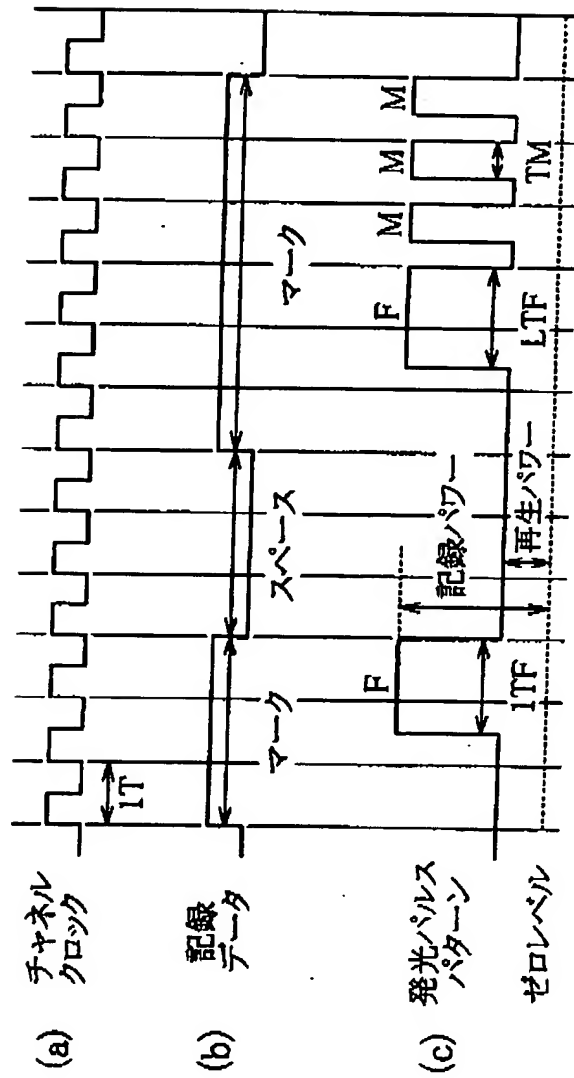
[図1]



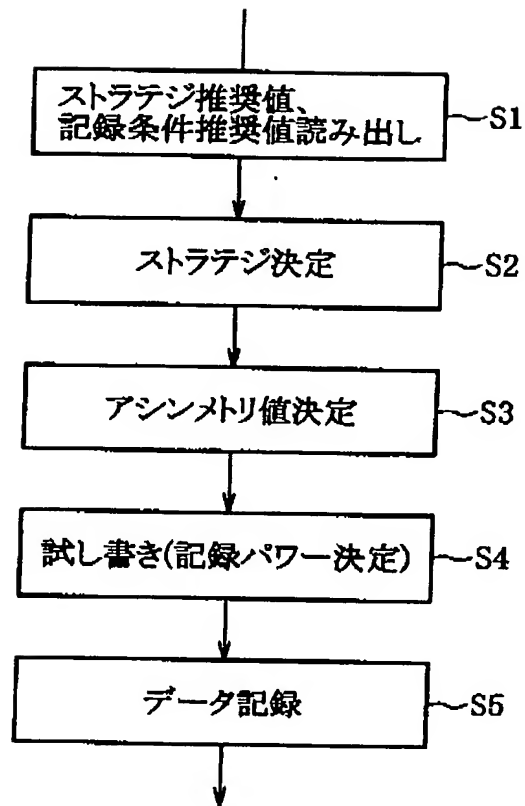
[図2]



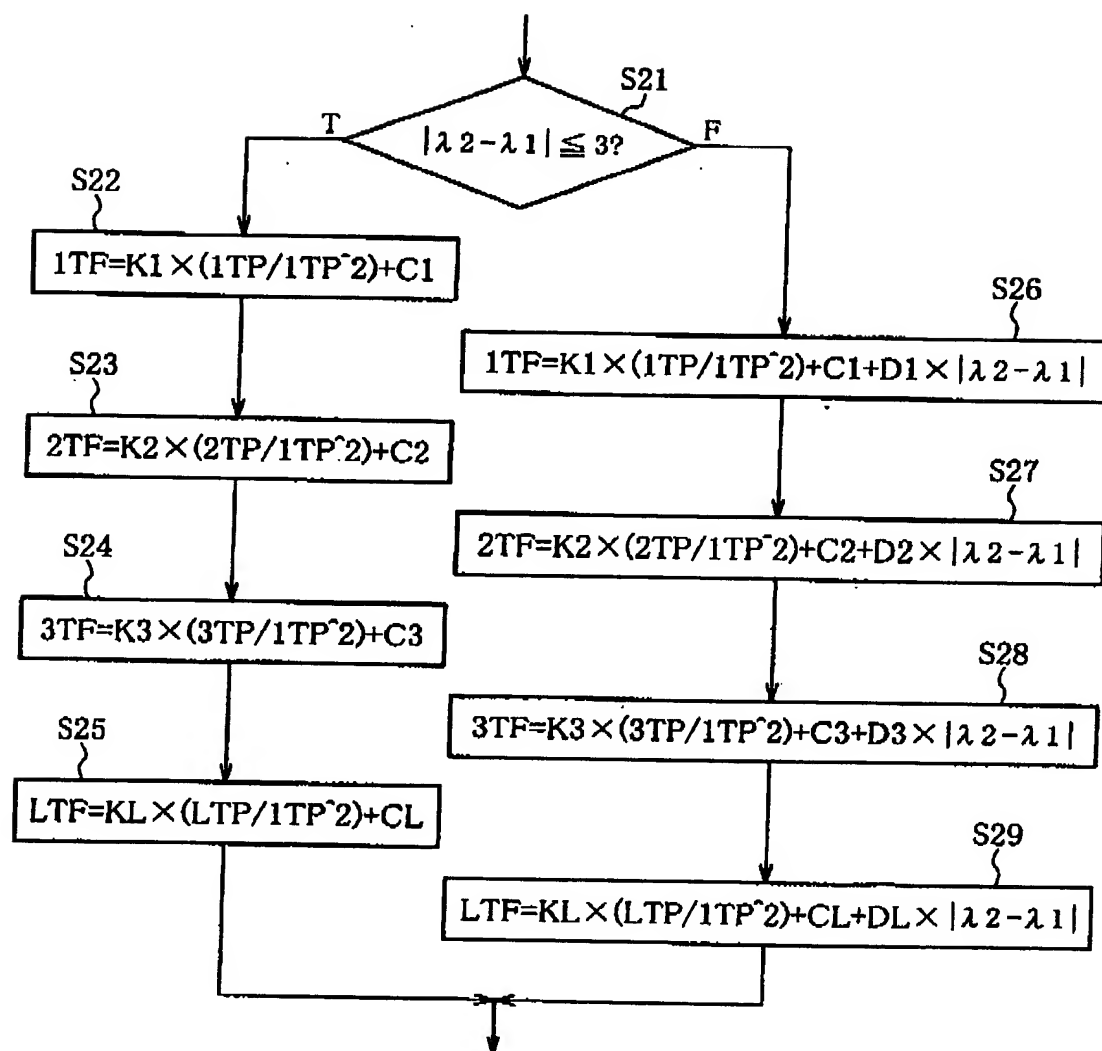
[図3]



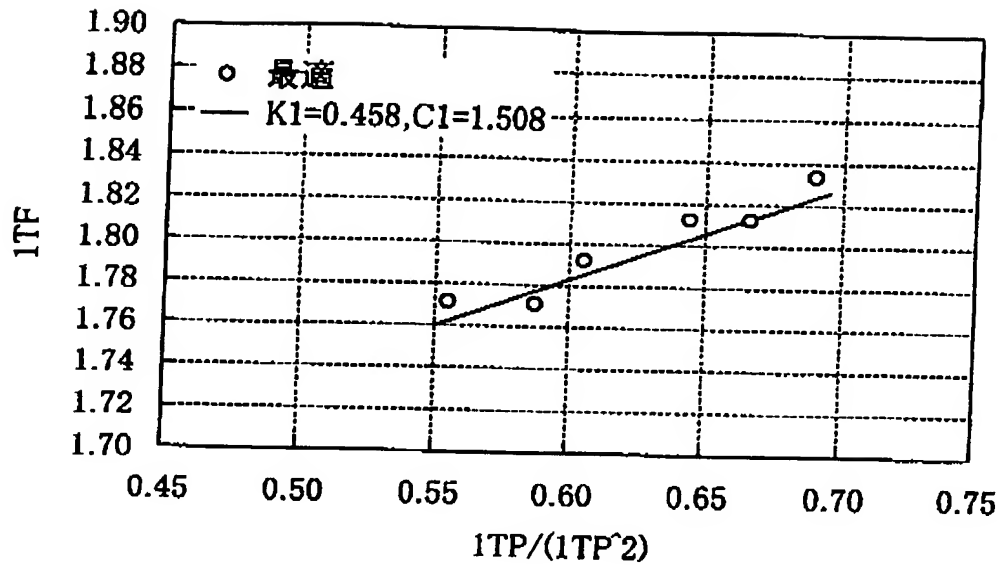
[図4]



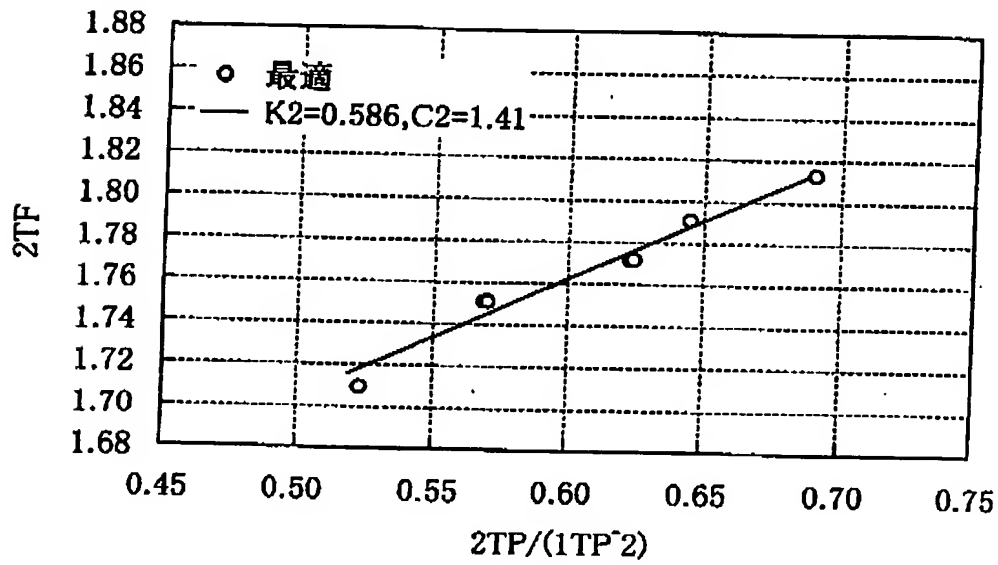
[図5]



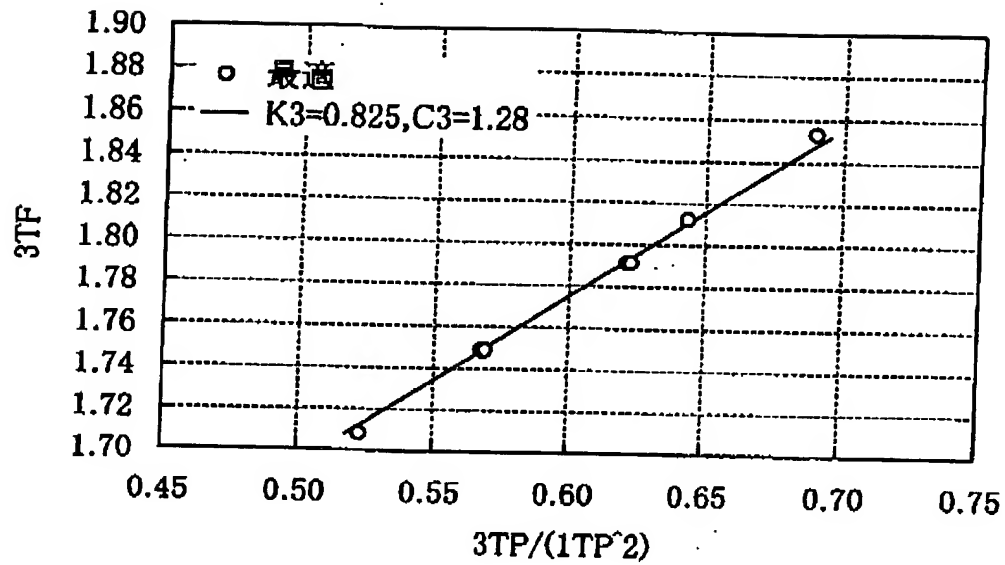
[図6]



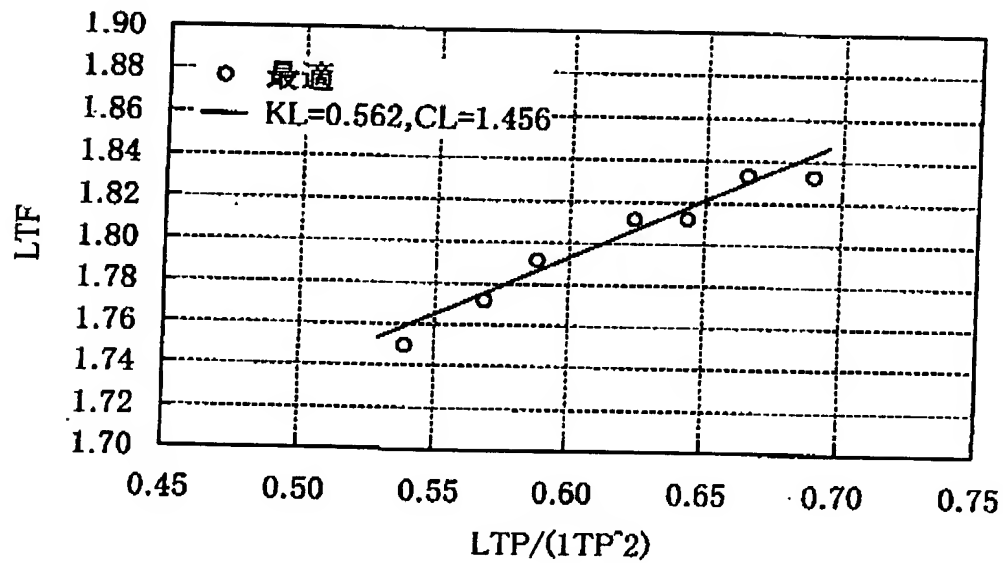
[図7]



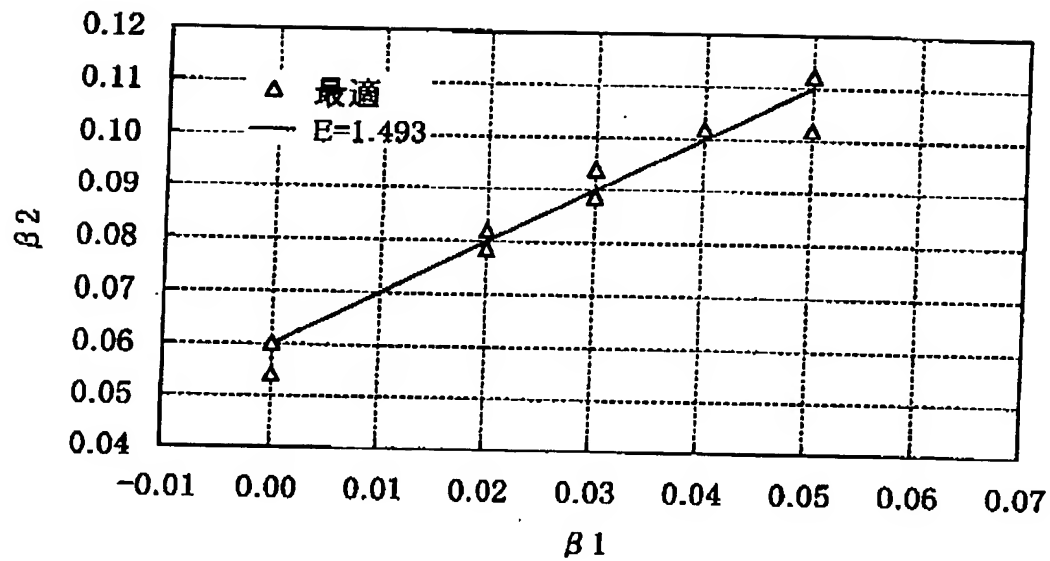
[図8]



[図9]



[図10]



[図11]

